Fábrica de Noobs

Desmistificando: incidente Fobos

Natanael Antonioli

Fevereiro de 2022

1 SUMÁRIO

1 Sumário 2

2 Identificação da história 3

3 Como obter as fotografias da missão Fobos 2? 6

4 Como explicar o objeto em forma de charuto próximo de Fobos? 10

5 Como explicar a sombra em forma de charuto? 12

6 O que aconteceu com a Fobos 2? 15

7 Fobos é um satélite especial? 19

8 Conclusões 30

2 IDENTIFICAÇÃO DA HISTÓRIA

No vídeo de hoje abordaremos o incidente de Fobos. A história fica por conta do site Biblioteca Pleyades (https://www.bibliotecapleyades.net/marte/marte_phobos05.htm).

Figura 1: reprodução da história.

Fobos, uma das duas luas de Marte, sempre foi considerada um objeto bastante misterioso, assim como seu gêmeo menor, Deimos .

Joseph Shklovskii observou membro da Academia Soviética de Ciências e co-autor com o Dr. Carl Sagan de ' Vida inteligente no universo ', uma vez calculado a partir da densidade estimada da atmosfera marciana e a peculiar "aceleração" de Fobos, que o satélite deve ser oco.

Fobos poderia ser uma estação espacial oca de enormes proporções?

Em julho de 1988, os russos lançaram duas sondas de satélite não tripuladas - Phobos 1 e Phobos 2 - na direção de Marte, e com a intenção principal de investigar a misteriosa lua do planeta, Phobos. Infelizmente, o Phobos 1 foi perdido na rota dois meses depois, supostamente por causa de um erro de comando de rádio.

A Phobos 2 também foi perdida nas circunstâncias mais intrigantes, mas não antes de transmitir certas imagens e informações do próprio planeta Marte.

Phobos 2 chegou com segurança a Marte em janeiro de 1989 e entrou em uma órbita ao redor de Marte como o primeiro passo em seu destino em direção ao seu objetivo final: transferir para uma órbita que o faria voar quase em conjunto com a lua marciana chamada Phobos (daí o nome da espaçonave) e explorar a lua com equipamentos altamente sofisticados que incluíam dois pacotes de instrumentos a serem colocados na superfície da lua.

Então, em 28 de março , o centro de controle da missão soviética reconheceu "problemas" repentinos de comunicação com a espaçonave; e *Tass* , a agência oficial de notícias soviética, informou que,

> "A Phobos 2 falhou em se comunicar com a Terra como programado após completar uma operação ontem ao redor da lua marciana Phobos. Os cientistas no controle da missão não conseguiram estabelecer contato de rádio estável."

Deimos - "clique" para ampliar

O que causou a perda da espaçonave Phobos 2?

De acordo com **Boris Bolitsky** , correspondente científico da Rádio Moscou, pouco antes do contato de rádio ser perdido com Phobos 2, várias *imagens incomuns* foram enviadas de volta para a Terra, descritas pelo russo como "características bastante notáveis".

Um relatório retirado da *New Scientist* de 8 de abril de 1989, descreveu o seguinte:

> "As feições estão na superfície marciana ou na baixa atmosfera. As feições têm entre 20 e 25 quilômetros de largura e não se assemelham a nenhuma formação geológica conhecida. Eles são em forma de fuso e provando ser intrigantes e intrigantes."

Uma foto incomum de uma sombra fina em Marte (abaixo à esquerda) foi mostrada no segmento de televisão russo.

Visto na superfície de Marte foi uma forma escura claramente definida que poderia de fato ser descrita, como estava no despacho inicial de Moscou, como uma " elipse fina" (esta foto é uma imagem do clipe da televisão soviética).

Certamente era diferente da sombra de Fobos registrada dezoito anos antes pela Mariner 9. Esta última projetava uma sombra que era uma elipse arredondada e difusa nas bordas, como seria projetada pela superfície irregular da lua.

A 'anomalia' vista na transmissão Phobos 2 era uma elipse fina com pontas muito afiadas em vez de arredondadas (a forma é conhecida no comércio de diamantes como "marquise") e as bordas, em vez de serem difusas, destacavam-se nitidamente contra um espécie de halo na superfície marciana.

Dr. Becklake descreveu-o como "algo que está entre a espaçonave e Marte, porque podemos ver a superfície marciana abaixo dela", e enfatizou que o objeto foi visto tanto pela câmera óptica quanto pela infravermelha (que busca calor).

Todas essas razões explicam por que os soviéticos não sugeriram que a escura "elipse fina" poderia ter sido uma sombra da lua.

Enquanto a imagem era mantida na tela, o Dr. Becklake explicou que ela foi tirada enquanto a espaçonave se alinhava com Fobos (a lua).

> "Como a última foto estava na metade", disse ele, "eles [soviéticos] viram algo que não deveria estar lá".

Os soviéticos, continuou ele, ainda não divulgaram esta última foto, e não vamos especular sobre o que ela mostra.

Então, o que foi que colidiu ou colidiu com Phobos 2? A sonda espacial foi tirada do espaço por "ver demais"? O que o último quadro secreto mostra? Bem... Conspirações Cósmicas conseguiram rastrear esta última imagem evasiva (abaixo à direita).

Em suas palavras cuidadosas à 'Aviation Week and Space Technology', o presidente do equivalente soviético da NASA se referiu ao último quadro, dizendo:

> "Uma imagem parece incluir um objeto de formato estranho entre a espaçonave e Marte."

Então, o que foi que colidiu ou colidiu com Phobos 2? A sonda espacial foi tirada do espaço por "ver demais"? O que o último quadro secreto mostra? Bem... Conspirações Cósmicas conseguiram rastrear esta última imagem evasiva (abaixo à direita).

Em suas palavras cuidadosas à 'Aviation Week and Space Technology', o presidente do equivalente soviético da NASA se referiu ao último quadro, dizendo:

> "Uma imagem parece incluir um objeto de formato estranho entre a espaçonave e Marte."

Esta foto "altamente secreta" foi mais tarde dada à imprensa ocidental pela Coronel Dr. **Marina Popovich** , uma astronauta e piloto russa que há muito se interessa por OVNIs.

Em uma conferência de OVNIs em 1991, Popovich deu a certos investigadores algumas informações interessantes que ela "contrabandeou" para fora da agora ex-União Soviética. Parte da informação foi o que foi chamado de "os primeiros relatos vazados de uma nave-mãe alienígena no sistema solar".

A última transmissão de Phobos 2 foi uma fotografia de uma gigantesca nave espacial cilíndrica - uma enorme "nave-mãe" em forma de charuto com aproximadamente 20 km de comprimento e 1,5 km de diâmetro, que foi fotografada em 25 de março de 1989 pendurada ou estacionada ao lado da lua marciana Fobos pela sonda não tripulada soviética Phobos 2.

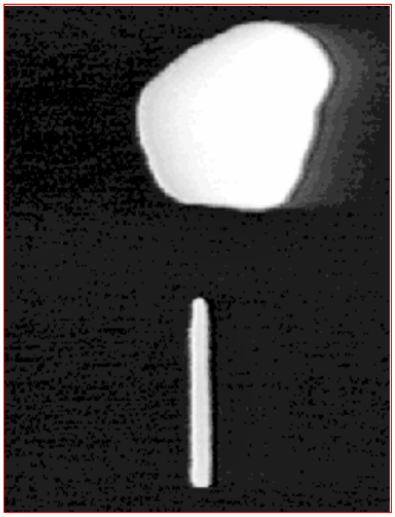
Depois que esse último quadro foi transmitido por rádio de volta à Terra, a sonda desapareceu misteriosamente; de acordo com os russos, foi destruído - possivelmente nocauteado com um feixe de pulso de energia.

A nave em forma de charuto na penúltima foto tirada por Phobos 2 é aparentemente o objeto que projeta a sombra oblonga na superfície de Marte na foto anterior.

O escritor de ciência australiano **Brian Crowley** diz que por causa da sombra convexa dos olhos dos gatos - que, porque a inclinação solar acima da cabeça impediu a projeção de sombras pelas características da superfície marciana, implica uma sombra lançada na superfície de algo em órbita - além da órbita de Fobos 2 em si .

A sombra - em forma de fuso ou charuto - é inconsistente com qualquer sombra possível projetada pela lua Fobos, que é uma forma irregular de batata.

É preciso pouca imaginação para postular uma nave mãe gigante em forma de charuto, semelhante às documentadas ao longo dos anos por investigadores de OVNIs.



A última foto tirada por Phobos 2

Esse vídeo aborda:

- As missões Fobos 1 e Fobos 2 como um todo, bem como suas falhas;
- A sombra em forma de charuto vista na superfície marciana;
- O objeto em forma de charuto visto próximo de Fobos;
- Alegações sobre Fobos ser um satélite estranho ou especial.

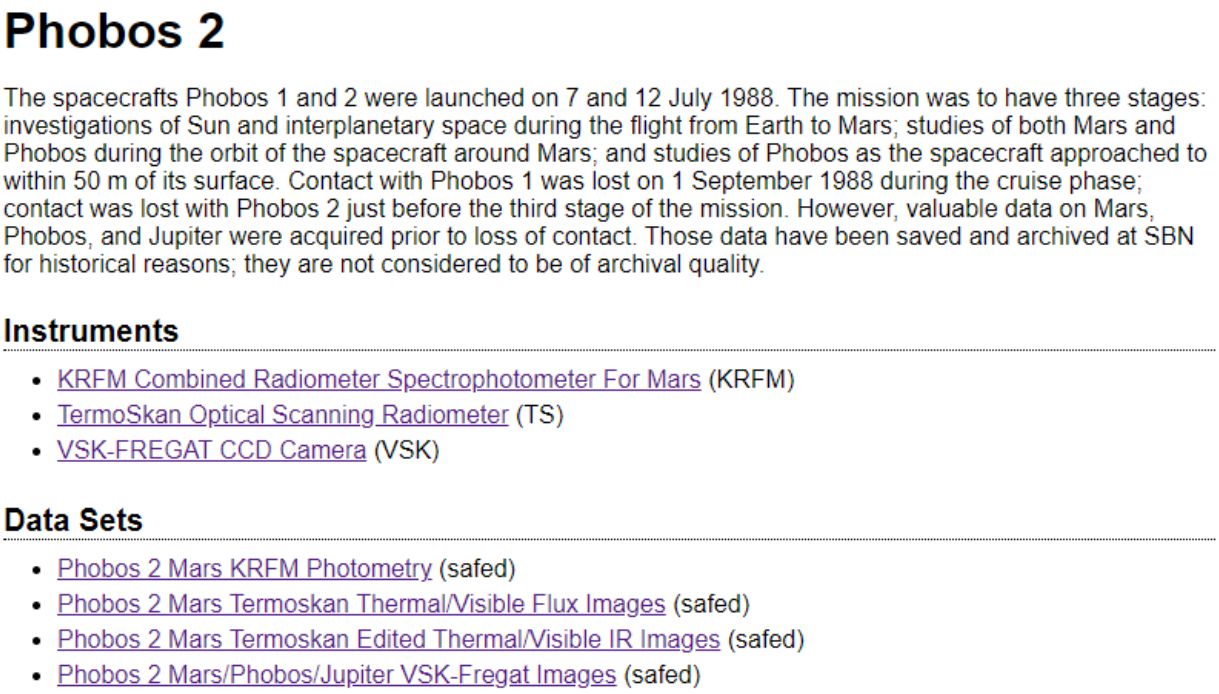
Portanto, ele não aborda:

- Quaisquer outras características na superfície de Marte ou de outros planetas;
- Quaisquer outros objetos voadores não identificados em Marte ou em outros lugares;
- Quaisquer outros incidentes da ufologia.

3 COMO OBTER AS FOTOGRAFIAS DA MISSÃO FOBOS 2?

Todas as fotografias produzidas pela Fobos 2 podem ser baixadas em https://pdssbn.astro.umd.edu/data_sb/missions/phobos2/index.shtml, em um conjunto de quatro arquivos, produzidos por três instrumentos diferentes.

Figura 2: download dos dados da missão Fobos 2.



O primeiro deles, de nome *KRFM – Combined Radiometer Spectrophotometer For Mars*, é destinado a registrar emissões de radiação eletromagnética entre 5 e 50 micrômetros (térmica) e entre 300 e 700 nanômetros (espectro visível). Os dados produzidos por esse equipamento totalizam 220 quilobytes (https://pdssbn.astro.umd.edu/holdings/phb2-m-krfm-3-photometry-v1.0/dataset.shtml) em formato *.dat*, e não são visualizáveis como imagens.

O próximo, de nome *TS – Termoskan*, também é um radiômetro, funcionando na faixa entre 8,5 e 12 micrômetros e 0,5 e 0,95 micrômetros, sendo capaz de produzir imagens térmicas de grandes regiões. Os dados produzidos por esse equipamento, separados em dois envios, totalizam 3,1 megabytes (https://pdssbn.astro.umd.edu/holdings/phb2-m-ts-2-therm_vis-imgedr-v1.0/dataset.shtml) e 5,9 megabytes

(https://pdssbn.astro.umd.edu/holdings/phb2-m-ts-2-edited-thrm_vis-img-edr-v1.0/dataset.shtml).

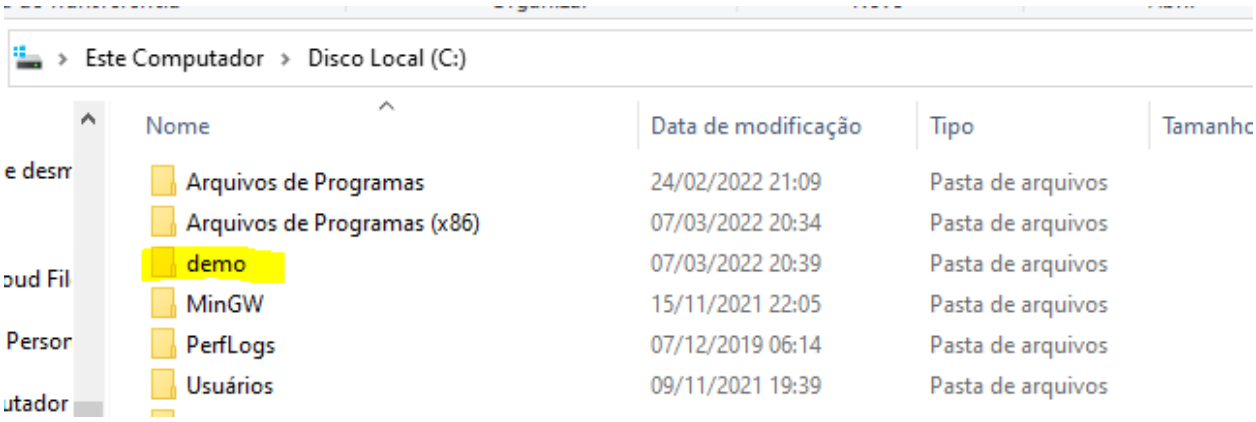
Por fim, o *VSK-FREGAT CCD Camera* é uma câmera de televisão com dois canais de longa distância focal e um canal de curta distância focal, cujos dados produzidos totalizam 2,8 megabytes (https://pdssbn.astro.umd.edu/holdings/phb2-m-vsk-2-edr-v1.0/dataset.shtml).

Os arquivos vêm compactados, e as imagens estão no formato *.img*, em alguns casos com cabeçalhos em formato *.lbl*, Esses arquivos não podem ser acessados na maioria dos programas atuais, mas sim com um programa da época denominado *IMDISP* (https://resources.oreilly.com/examples/9781565920583/tree/master/CDROM/SOFTWARE/PC/MSDOS/IMDISP).

Para visualizá-las, é preciso coloca-las em um volume junto com o *IMDISP*, e iniciar o programa a partir de um emulador como o DOSBox (https://sourceforge.net/projects/dosbox/).

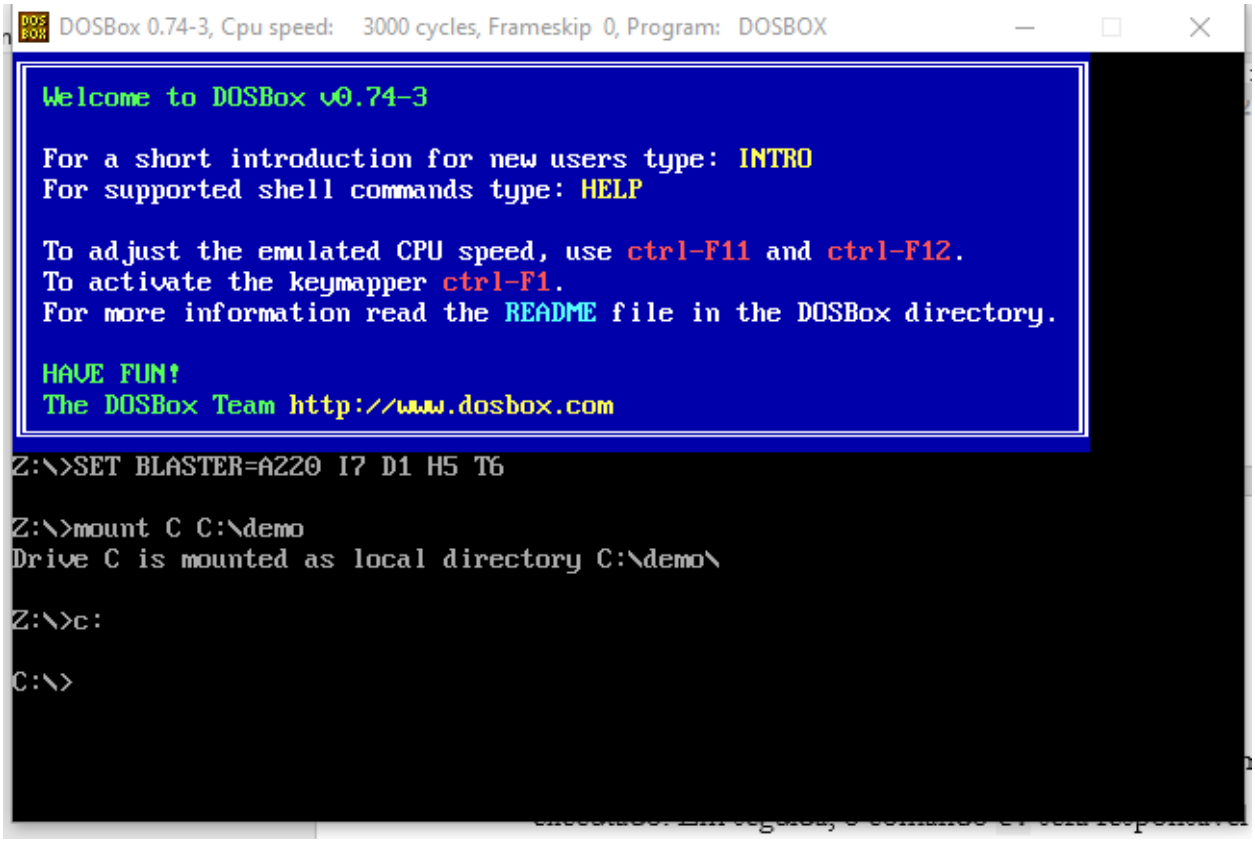
Após a instalação, basta baixar a pasta disponível em https://archive.org/details/demo_20220308_202203, extraí-la e movê-la para o disco C.

Figura 3: pasta movida para o local correto.



Então, o DOSBox deve ser iniciado, onde o comando `mount C C:\demo` deverá ser executado. Em seguida, o comando `c:` será responsável por mudar o diretório para a pasta de trabalho baixada.

Figura 4: comandos no DOSBox.



Dentro da pasta estão os arquivos com as fotografias que podem ser visualizados. Como regra geral, o comando para abrir o arquivo de uma imagem gerada pela *VSK* (por exemplo, a *c2230033* e todas que começam com a letra C) é `IMDISP c2230033.img`, ao passo que o comando para abrir o arquivo de uma imagem gerada pela *TS* (por exemplo, a *pan3irf4* e todas que não começam com a letra C) é `IMDISP pan3irf4.lbl`.

Em ambos os casos, deve-se então digitar `DISPLAY` para visualizar a imagem e `EXIT` para encerrar a visualização e retornar ao diretório inicial.

Figura 5: comando para abrir o visualizador de uma imagem da *VSK*.

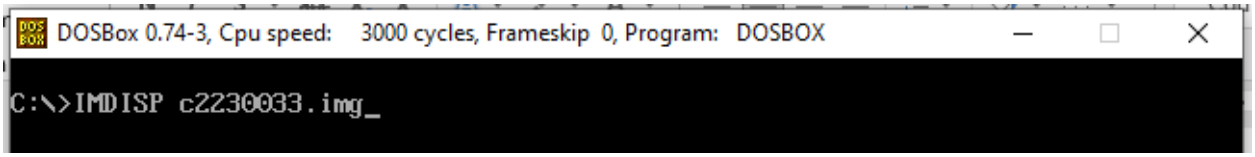


Figura 6: visualizando uma imagem da *VSK*.

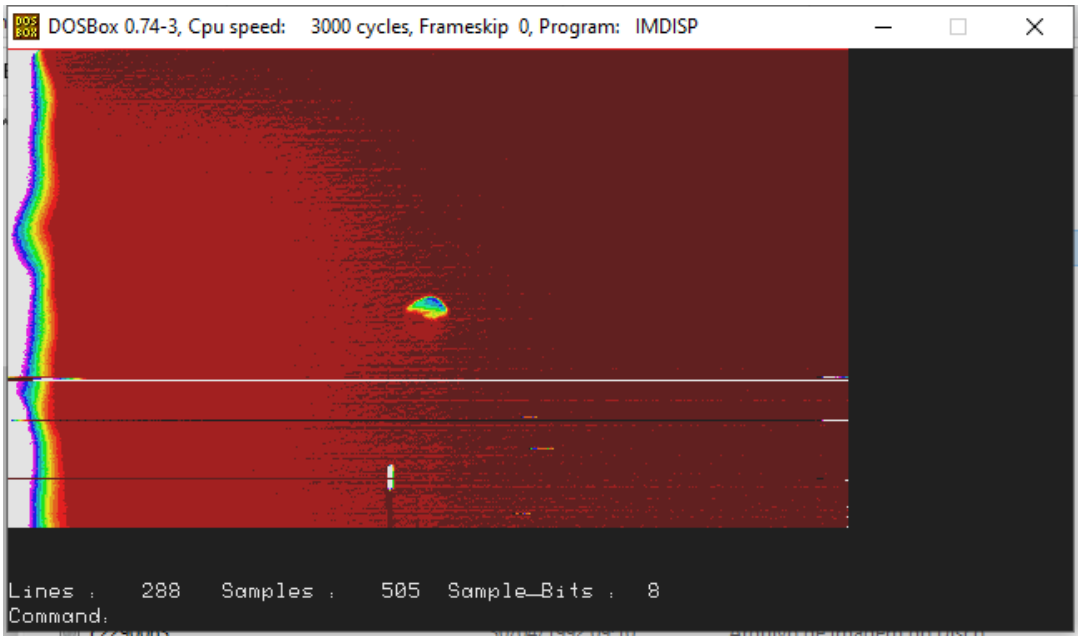


Figura 7: comando para abrir o visualizador de uma imagem da *TS*.

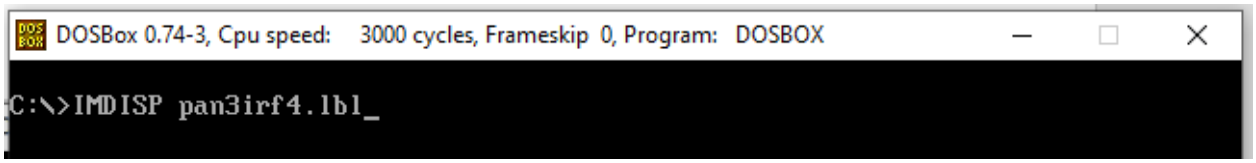
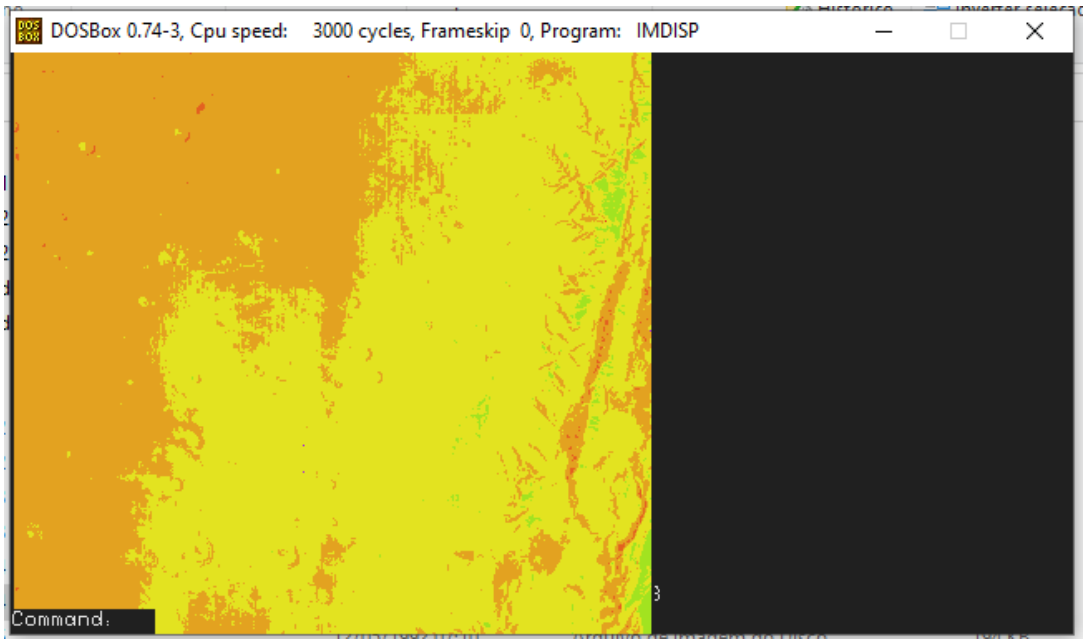


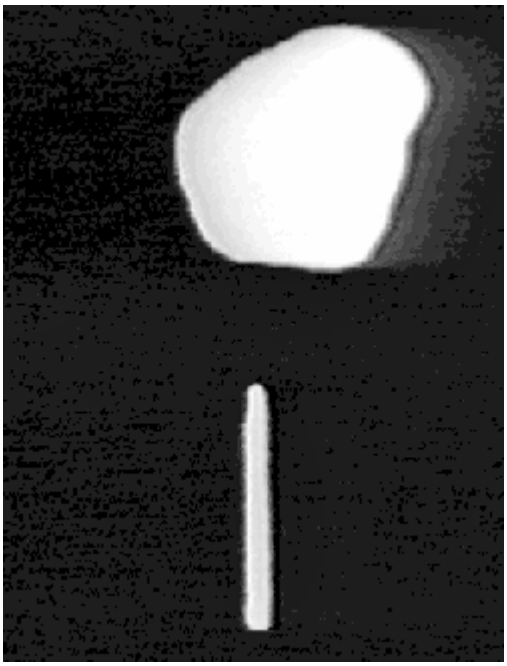
Figura 8: visualizando uma imagem da *TS*.



4 COMO EXPLICAR O OBJETO EM FORMA DE CHARUTO PRÓXIMO DE FOBOS?

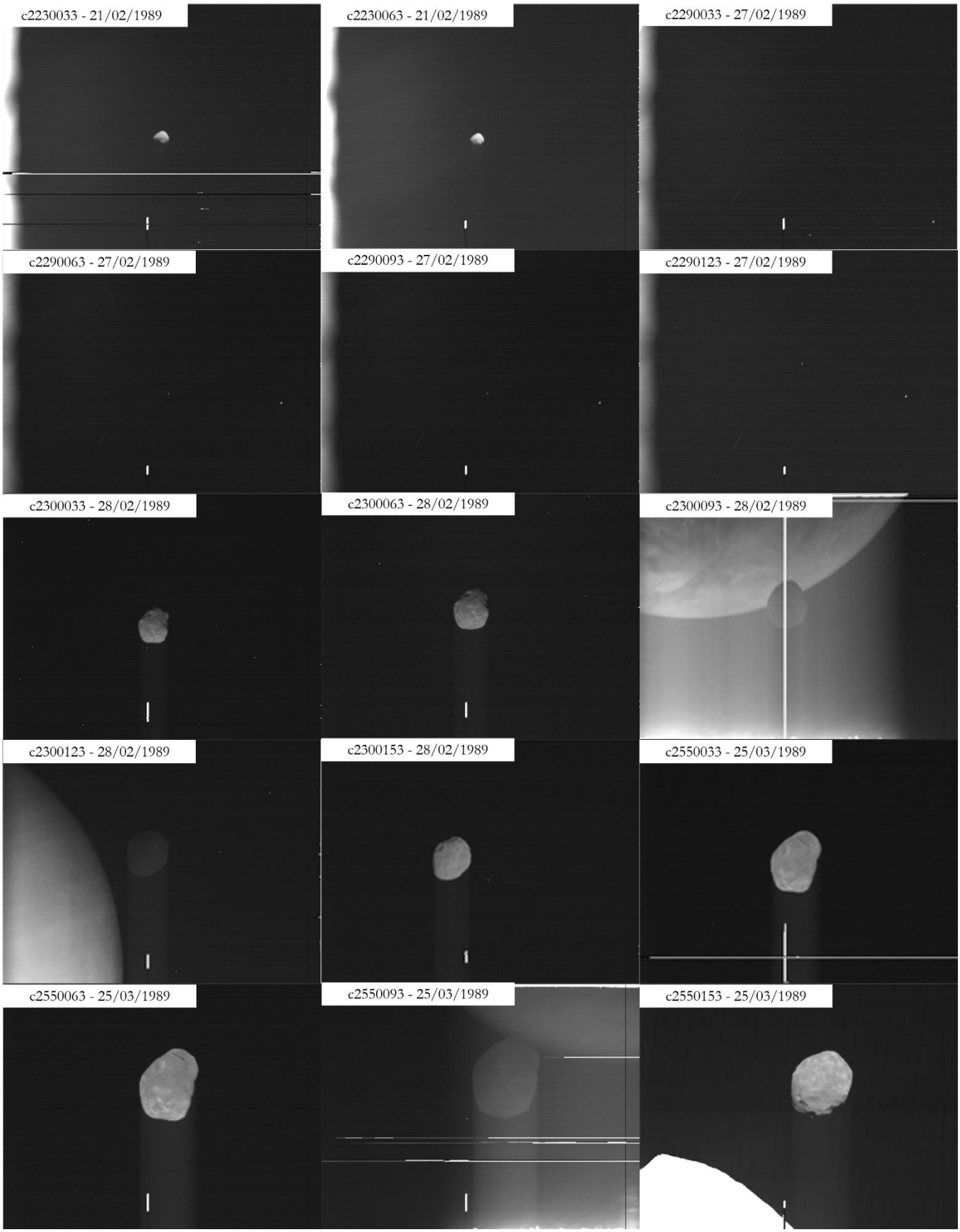
É afirmado que o dito artefato apareceu como uma surpresa nas últimas fotografias realizadas. Além da versão original nos arquivos da missão, todas as fotografias tiradas com a *VSK* podem ser vistas em http://web.archive.org/web/20091020053507/http://www.planetary.org/data/phobos2/, e compreendem um total de 52 fotografias (o mesmo número de arquivos que começam com a letra C).

Figura 9: objeto em forma de charuto.



Analisando todas as fotografias, verificamos facilmente que o dito "objeto" não foi nenhuma surpresa, mas sim **já vinha aparecendo nas fotografias há mais de um mês, desde o dia 21 de fevereiro de 1989**, sempre no mesmo lugar (com tamanhos variados) independente da direção para a qual a imagem era direcionada, indicando que **o objeto era somente um artefato da câmera, e não um objeto físico no espaço**.

Figura 10: todas as fotografias nas quais o artefato da câmera é visível.



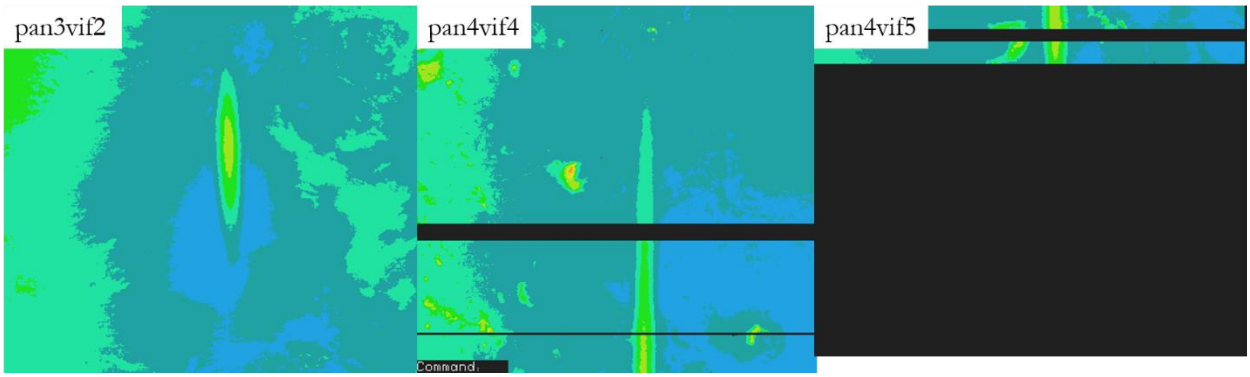
5 COMO EXPLICAR A SOMBRA EM FORMA DE CHARUTO?

A estrutura em forma de charuto aparece nas imagens da *TS*, que não estão disponíveis na internet com o devido tratamento, o que significa que precisamos utilizar as imagens extraídas dos arquivos originais da missão.

Figura 11: imagens da misteriosa sombra na superfície de Marte.

Verificamos que ela aparece nas imagens intituladas *pan3vif2*, *pan4vif4* e *pan4vif5*, todas do dia 26 de março de 1989 (conforme indicado nos metadados).

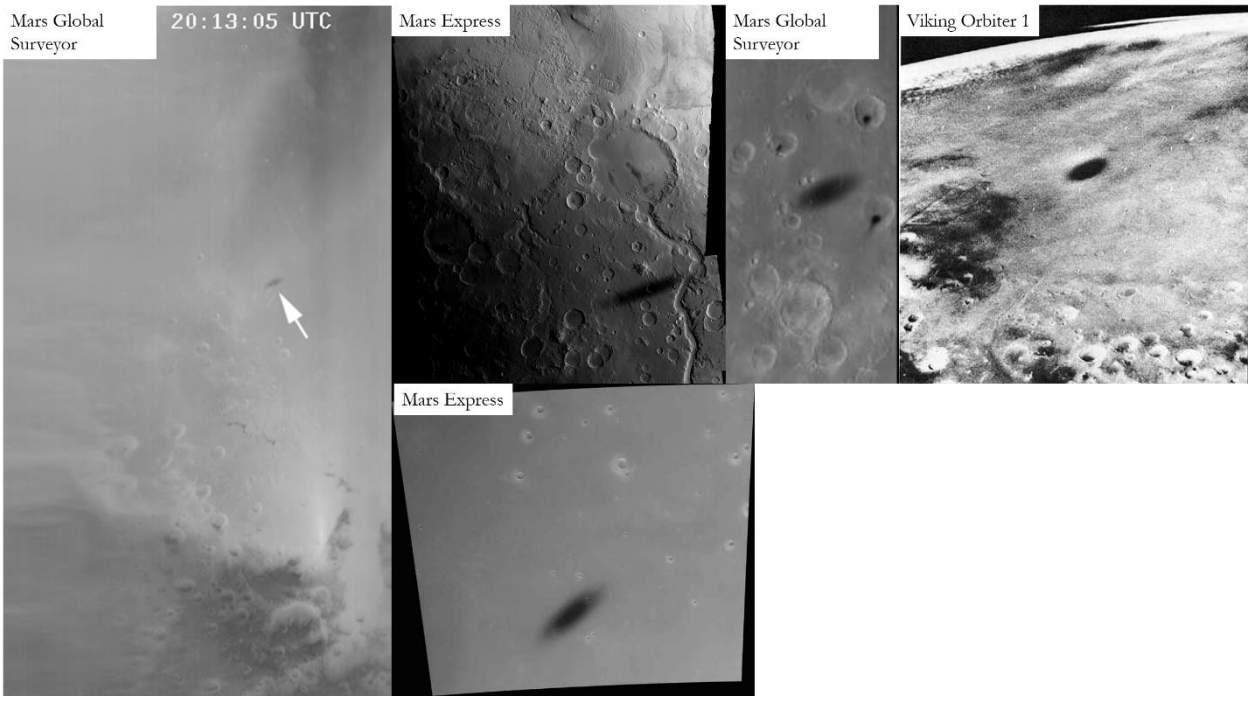
Figura 12: sombra do objeto em forma de charuto.



Esse poderia ser um chamado enigmático, porém sabemos **que diversas outras missões registraram sombras elípticas na superfície de Marte que eram nada mais do**

que a sombra de Fobos, podendo se tornar mais ou menos elípticas dependendo do ângulo em que forem projetadas na superfície.

Figura 13: sombra de Fobos na superfície de Marte.



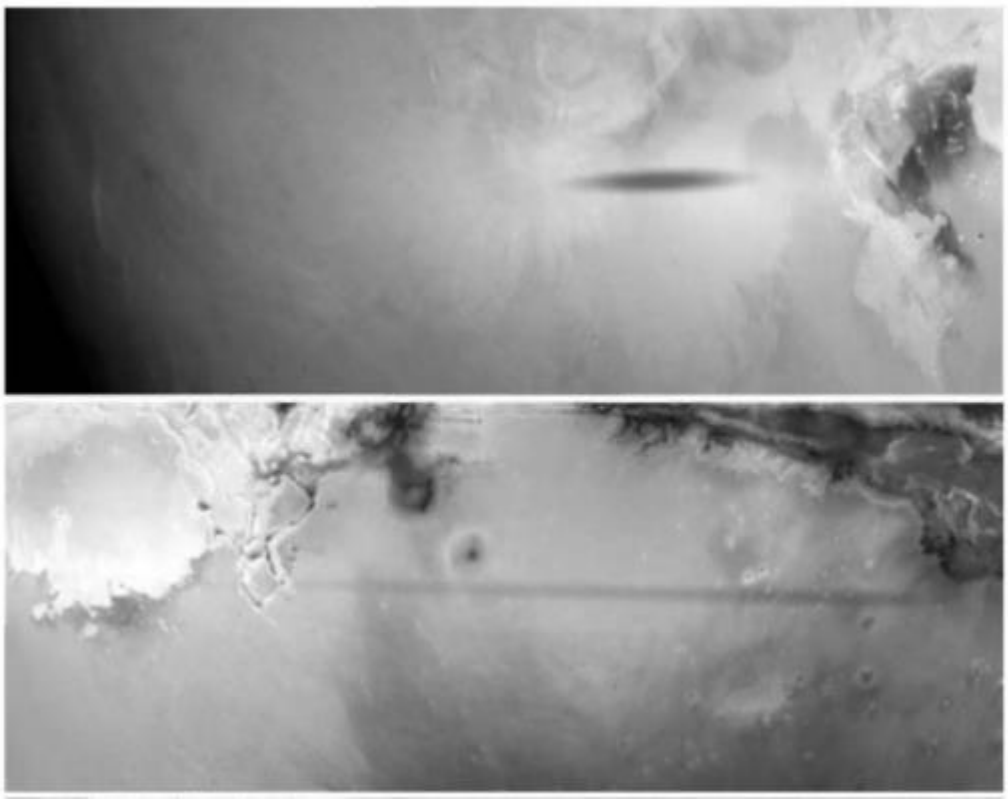
Além disso, **vemos uma sombra mais alongada que o normal**, porque as imagens não foram feitas por uma câmera, **mas sim por um radiômetro que, com o auxílio de um espelho, compõe a imagem linha por linha ao longo de um período** (https://web.archive.org/web/20160812055151/http://www.jamesoberg.com/the_strange_case_of_fobos_2.pdf).

Figura 14: descrição do instrumento.

```
Instrument Overview
===================
This is a two-channel optical mechanical scanning radiometer
termoskan designed for the scanning of Mars.  The Termoskan
radiometer operates in two spectral bands: 8.5-12 microns and 0.5-
0.95 microns.  The line-by-line scanning is achieved by means of a
mirror oscillating in a stepwise fashion, perpendicular to the
spacecraft motion velocity;  the frame scanning is accounted for
by the motion of the spacecraft itself.  The instantaneous field-
of-view value in both channels is 0.9 arcmin, the scanning angle
6.1 degrees, and the scanning rate 1 line per second.  It provides
a resolution at nadir of 1.8x1.8 km and a swath length of 650 km
from the circular observational orbit of 6,300 km.  The area
traversed in the direction of motion is a function of the length
of the session.
```

Além disso, verificamos que a sombra aparece no meio das fotografias, **algo condizente com o fato de que a espaçonave orbitava Marte nas proximidades de Fobos nos últimos dias de sua missão**.

Figura 15: sombra de Fobos nas imagens tratadas.



6 O QUE ACONTECEU COM A FOBOS 2?

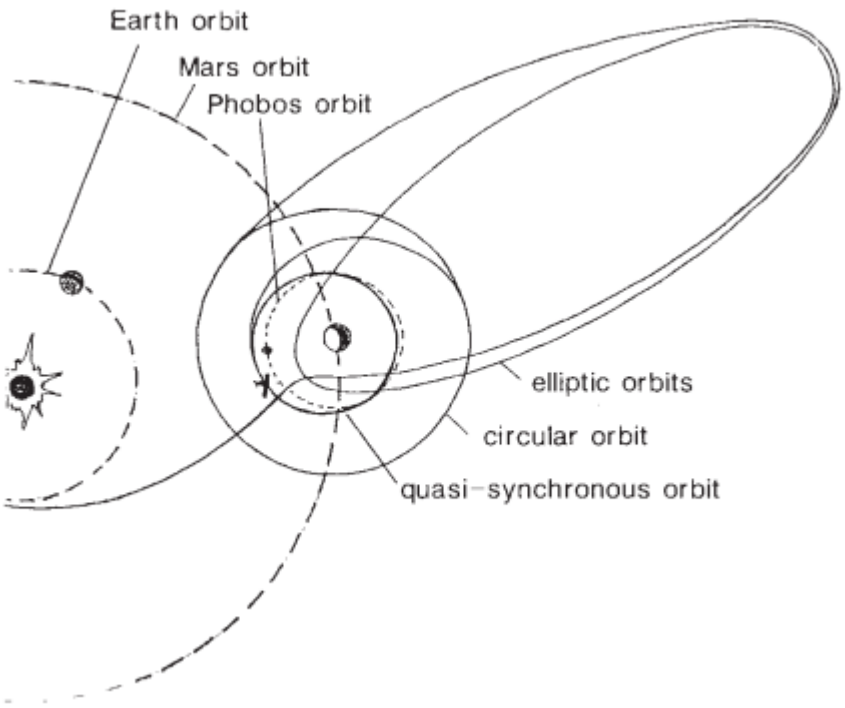
Muitas fontes afirmam que as imagens (ou as do dia 26 de março mostrando a sombra de Fobos, ou as do dia 25 de março mostrando ao artefato da câmera) estão entre os "últimos *frames* enviados para a Terra antes da nave misteriosamente parar de responder", mas o que ocorreu na realidade é um pouco diferente. As informações dessa seção vêm principalmente de dois livros, intitulados *Soviet Robots in the Solar System* (https://www.amazon.com.br/Soviet-Robots-Solar-System-Technologies/dp/1441978976) e *Russian Planetary Exploration* (https://www.amazon.com/Russian-Planetary-Exploration-Development-Prospects/dp/0387463437).

Em primeiro lugar, a missão irmã Fobos 1 havia sido lançada em 7 de julho de 1988 e recebeu um comando da central em Yevpatoria para ligar o espectrômetro de raios gama. Porém, por um erro de digitação, o comando enviado da Terra fez com que os controladores de altitudes fossem desligados, o que não seria um problema se o computador responsável por checar tais comandos não estivesse falhando naquele momento. Como consequência, a espaçonave ficou incapacitada de orientar seus painéis solares, e começou a gastar bateria.

Já a Fobos 2 viria a ser lançada no dia 12 de julho de 1988, e chegaria em Marte no dia 27 de janeiro de 1989. Nesse momento, já haviam registros de "falhas isoladas" em seus sistemas: a transmissão era feita à uma taxa menor usando um transmissor secundário (pois o principal havia falhado) e o sistema de controle baseado em três processadores já havia perdido um, apresentava falhas em outro e não possibilitava que o terceiro operasse sozinho por uma falha de projeto, presumindo que os outros dois processadores com defeito estivessem votando contra ele.

Nesse momento, o sucesso da missão já havia se tornado uma corrida contra o tempo. Uma série de manobras fez com que a espaçonave atingisse sua órbita de observação próxima de Fobos. As imagens de Marte e de Fobos foram realizadas, e esse processo envolvia girar a espaçonave completamente (incluindo a antena), o que fazia com que a comunicação fosse temporariamente cortada.

Figura 16: caminho da espaçonave.



No dia 25 de março, observações visuais foram feitas para determinar o melhor local de pouso (que deveria ocorrer no dia 9 de abril), e novas fotografias foram tiradas no dia 26 de março. A primeira sessão do dia 27 de março durou entre 10:25 e 12:47, e novas imagens foram feitas.

A próxima sessão foi agendada para o dia 27 de março às 14:59, e realizou mais imagens de Fobos, em um processo que envolvia virar a espaçonave, perder contato com a Terra e posteriormente transmitir as imagens, algo que ocorreu normalmente.

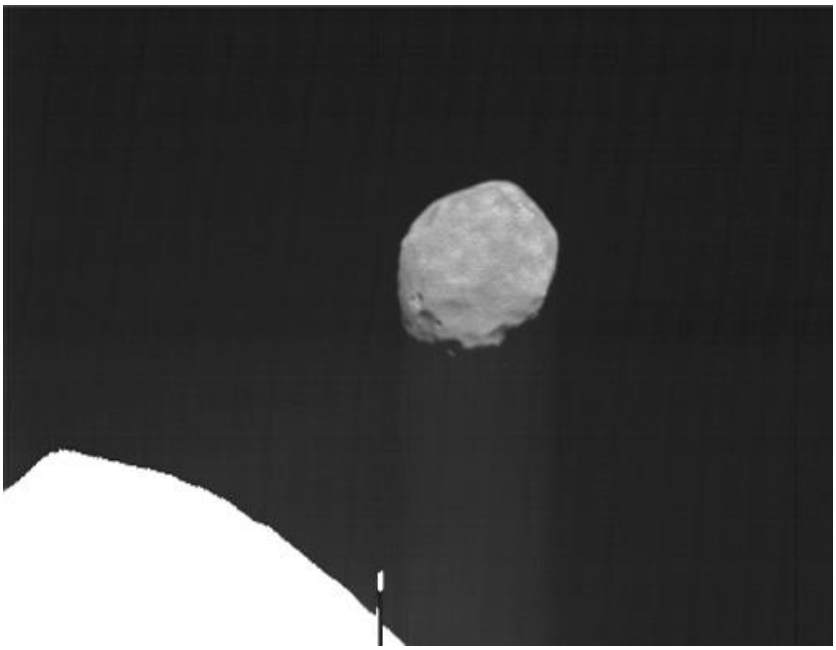
A sonda então foi comandada a tirar novas fotografias (com a *VSK*, conforme mencionado em https://sci-hub.se/https://www.nature.com/articles/341581a0) entre 17:59 e 18:05, e posteriormente sinalizar à Terra. Porém, o tempo da sessão acabou e sinais de volta não foram recebidos. Pelas próximas 4 horas, esforços foram feitos para recuperar contato, mas não tiveram sucesso, recebendo apenas um sinal às 19:50 que durou 13 minutos e era muito fraco e incompreensível, indicando que a espaçonave estava em um estado incontrolável.

Não havia muito o que ser deduzido a partir desse momento, mas imagina-se que uma falha no segundo processador fez com que a espaçonave perdesse a orientação de altitude e, assim, esgotasse sua bateria em cerca de 5 horas.

Dessa forma, **a espaçonave não exatamente desapareceu durante uma transmissão** (tal qual perdemos sinal de celular durante uma chamada) conforme a história dá a entender, **mas sim falhou em retornar sinal após um período de inatividade esperada**. Antes desse período de inatividade, **alguns sistemas já apresentavam defeitos e o controle terrestre concordava que isso seria uma corrida contra o tempo**.

Sabendo que as últimas imagens produzidas foram feitas com a *VSK*, podemos verificar na lista de imagens (http://web.archive.org/web/20091020053507/http://www.planetary.org/data/phobos2/) qual é de fato a última imagem registrada pela espaçonave – porém descobrimos que essa imagem é do dia 25 de março de 1989, às 10:42 – portanto, dois dias antes do controle ser perdido. A última imagem feita com a *TS*, por sua vez, é do dia 26 de março de 1989 (sem hora registrada), o que significa que **as imagens feitas no dia 27 de março não tiveram tempo de serem transmitidas para a Terra**.

Figura 17: última imagem da *VSK* feita pela Fobos 2.



Assim sendo, a história de como a Fobos 2 foi perdida foi amplamente sensacionalizada, já que as fotografias secretas alegadas de serem os "últimos frames antes da espaçonave misteriosamente desaparecer" **são apenas registros públicos da missão dos dias 25 e 26 de março**, ao passos que **o "desaparecimento" ocorreu no dia 27 de março quando as tentativas de recuperar contato após uma manobra que ocorreria sem contato com a Terra falharam**, em **um equipamento que já apresentava problemas nos processadores e usava um transmissor auxiliar por falha do principal**.

7 HÁ ALGO DE ANÔMALO SOBRE FOBOS?

Em primeiro lugar, é importante lembrar que o artigo mostrado na primeira seção traz especialistas discorrendo sobre as peculiaridades de Fobos, **mas reflete o que essas pessoas pensavam com todo o conhecimento da época (que ainda era bastante limitado) a respeito do satélite**. Por exemplo, Joseph Shklovskii, que levantou a possibilidade do satélite ser oco, faleceu em 1985, anos antes das missões Fobos 1 e 2, e um artigo de 1977 discorre sobre uma cadeia de crateras em Fobos.

Essa seção é dedicada a analisar, a partir do conhecimento atual, algumas alegações feitas a respeito de uma suposta anormalidade de Fobos que poderiam sugerir que o satélite é, em alguma medida, um corpo especial no sistema solar (alguns até mesmo sugerem que o satélite possa ser uma estação espacial alienígena).

Para analisar parte das alegações, tomaremos por base uma tabela com cada satélite do Sistema Solar catalogado conforme seu planeta, raio médio, semieixo maior orbital (maior eixo da órbita elíptica), período sideral (tempo para completar uma volta ao redor do planeta, em dias terrestres), período sideral normalizado (tempo para completar uma volta ao redor do planeta, em dias do próprio planeta) e densidade.

Tabela 1: dados sobre as principais luas do Sistema Solar, totalizando 146. Algumas foram eliminadas da tabela pela falta de informações.

Nome	**Planeta**	**Raio médio (km)**	**Semieixo maior orbital (km)**	**Período sideral (dias terrestres)**	**Tempo de rotação do planeta (dias terrestres)**	**Período sideral normalizado (dias do planeta)**	**Densidade (g/cm³)**	**Albedo**
Lua	Terra	1738,00	384399	27,322	1,000	27,322	3,34	0,120
Deimos	Marte	6,20	23460	1,262	1,025	1,231	1,47	0,068
Phobos	Marte	11,27	9380	0,319	1,025	0,311	1,87	0,071
Aitne	Júpiter	1,50	23229000	730,180	0,413	1767,990	2,60	0,040
Ananke	Júpiter	14,00	21276000	629,770	0,413	1524,867	2,60	0,040
Aoede	Júpiter	2,00	23980000	761,500	0,413	1843,826	2,60	0,040
Arche	Júpiter	1,50	23355000	731,950	0,413	1772,276	2,60	0,040
Autonoe	Júpiter	2,00	24046000	760,950	0,413	1842,494	2,60	0,040

Callirrhoe	Júpiter	4,50	24103000	758,770	0,413	1837,215	2,60	0,040
Carme	Júpiter	23,00	23404000	734,170	0,413	1777,651	2,60	0,040
Carpo	Júpiter	1,50	17058000	456,300	0,413	1104,843	2,60	0,040
Chaldene	Júpiter	1,90	23100000	723,720	0,413	1752,349	2,60	0,040
Cyllene	Júpiter	1,00	23809000	752,000	0,413	1820,823	2,60	0,040
Elara	Júpiter	43,00	11741000	259,640	0,413	628,668	2,60	0,040
Erinome	Júpiter	1,60	23196000	728,460	0,413	1763,826	2,60	0,040
Euanthe	Júpiter	1,50	20797000	620,490	0,413	1502,397	2,60	0,040
Eukelade	Júpiter	2,00	23328000	730,470	0,413	1768,692	2,60	0,040
Euporie	Júpiter	1,00	19304000	550,740	0,413	1333,511	2,60	0,040
Eurydome	Júpiter	1,50	22865000	717,330	0,413	1736,877	2,60	0,040
Harpalyke	Júpiter	2,20	20858000	623,320	0,413	1509,249	2,60	0,040
Hegemone	Júpiter	1,50	23577000	739,880	0,413	1791,477	2,60	0,040
Helike	Júpiter	2,00	21069000	626,320	0,413	1516,513	2,60	0,040
Hermippe	Júpiter	2,00	21131000	633,900	0,413	1534,867	2,60	0,040
Herse	Júpiter	1,00	22983000	714,510	0,413	1730,048	2,60	0,040
Himalia	Júpiter	69,80	11461000	250,560	0,413	606,683	2,60	0,040
Iocaste	Júpiter	2,60	21060000	631,600	0,413	1529,298	2,60	0,040
Isonoe	Júpiter	2,00	23155000	726,230	0,413	1758,426	2,60	0,040
Kale	Júpiter	1,00	23217000	729,470	0,413	1766,271	2,60	0,040
Kallichore	Júpiter	1,00	23288000	728,730	0,413	1764,479	2,60	0,040
Kalyke	Júpiter	2,60	23483000	742,060	0,413	1796,755	2,60	0,040
Kore	Júpiter	1,00	24543000	779,170	0,413	1886,610	2,60	0,040
Leda	Júpiter	10,00	11165000	240,920	0,413	583,341	2,60	0,040
Lysithea	Júpiter	18,00	11717000	259,200	0,413	627,603	2,60	0,040
Megaclite	Júpiter	2,70	23493000	752,860	0,413	1822,906	2,60	0,040
Mneme	Júpiter	1,00	21035000	620,040	0,413	1501,308	2,60	0,040
Orthosie	Júpiter	1,00	20720000	622,560	0,413	1507,409	2,60	0,040
Pasiphae	Júpiter	30,00	23624000	743,630	0,413	1800,557	2,60	0,040
Pasithee	Júpiter	1,00	23004000	719,440	0,413	1741,985	2,60	0,040
Praxidike	Júpiter	3,50	20908000	625,390	0,413	1514,262	2,60	0,040
Sinope	Júpiter	19,00	23939000	758,900	0,413	1837,530	2,60	0,040
Sponde	Júpiter	1,00	23487000	748,340	0,413	1811,961	2,60	0,040
Taygete	Júpiter	2,50	23280000	732,410	0,413	1773,390	2,60	0,040
Thelxinoe	Júpiter	1,00	21164000	628,090	0,413	1520,799	2,60	0,040
Themisto	Júpiter	4,00	7284000	130,020	0,413	314,818	2,60	0,040
Thyone	Júpiter	2,00	20939000	627,210	0,413	1518,668	2,60	0,040
Thebe	Júpiter	49,30	221900	0,675	0,413	1,634	3,00	0,047
Metis	Júpiter	21,50	128000	0,295	0,413	0,714	3,00	0,061
Amalthea	Júpiter	83,50	181400	0,498	0,413	1,206	0,85	0,090
Adrastea	Júpiter	8,20	129000	0,298	0,413	0,722	3,00	0,100
Callisto	Júpiter	2410,30	1882700	16,690	0,413	40,412	1,83	0,170
Ganymede	Júpiter	2634,10	1070400	7,155	0,413	17,324	1,94	0,430

Io	Júpiter	1821,60	421800	1,769	0,413	4,283	3,53	0,630
Europa	Júpiter	1560,80	671100	3,551	0,413	8,598	3,01	0,670
Aegir	Saturno	3,00	20751000	1117,520	0,445	2511,281	2,30	0,040
Bebhionn	Saturno	3,00	17119000	834,840	0,445	1876,045	2,30	0,040
Bergelmir	Saturno	3,00	19336000	1005,740	0,445	2260,090	2,30	0,040
Bestla	Saturno	3,50	20192000	1088,720	0,445	2446,562	2,30	0,040
Farbauti	Saturno	2,50	20377000	1085,550	0,445	2439,438	2,30	0,040
Fenrir	Saturno	2,00	22454000	1260,350	0,445	2832,247	2,30	0,040
Fornjot	Saturno	3,00	25146000	1494,200	0,445	3357,753	2,30	0,040
Greip	Saturno	3,00	18206000	921,190	0,445	2070,090	2,30	0,040
Hati	Saturno	3,00	19846000	1038,610	0,445	2333,955	2,30	0,040
Hyrrokkin	Saturno	4,00	18437000	931,860	0,445	2094,067	2,30	0,040
Jarnsaxa	Saturno	3,00	18811000	964,740	0,445	2167,955	2,30	0,040
Kari	Saturno	3,50	22089000	1230,970	0,445	2766,225	2,30	0,040
Loge	Saturno	3,00	23058000	1311,360	0,445	2946,876	2,30	0,040
Narvi	Saturno	3,50	19007000	1003,860	0,445	2255,865	2,30	0,040
Skoll	Saturno	3,00	17665000	878,290	0,445	1973,685	2,30	0,040
Surtur	Saturno	3,00	22704000	1297,360	0,445	2915,416	2,30	0,040
Tarqeq	Saturno	3,50	18009000	887,480	0,445	1994,337	2,30	0,040
Albiorix	Saturno	16,00	16182000	783,450	0,445	1760,562	2,30	0,060
Erriapus	Saturno	5,00	17343000	871,190	0,445	1957,730	2,30	0,060
Ijiraq	Saturno	6,00	11124000	451,420	0,445	1014,427	2,30	0,060
Kiviuq	Saturno	8,00	11110000	449,220	0,445	1009,483	2,30	0,060
Mundilfari	Saturno	3,50	18628000	952,770	0,445	2141,056	2,30	0,060
Paaliaq	Saturno	11,00	15200000	686,950	0,445	1543,708	2,30	0,060
Siarnaq	Saturno	20,00	18015400	896,440	0,445	2014,472	2,30	0,060
Skathi	Saturno	4,00	15540000	728,200	0,445	1636,404	2,30	0,060
Suttungr	Saturno	3,50	19459000	1016,670	0,445	2284,652	2,30	0,060
Tarvos	Saturno	7,50	17983000	926,230	0,445	2081,416	2,30	0,060
Thrymr	Saturno	3,50	20314000	1094,110	0,445	2458,674	2,30	0,060
Ymir	Saturno	9,00	23140400	1315,580	0,445	2956,360	2,30	0,060
Phoebe	Saturno	106,50	12947780	550,310	0,445	1236,652	1,64	0,081
Titan	Saturno	2574,73	1221870	15,950	0,445	35,843	1,88	0,200
Hyperion	Saturno	135,00	1500880	21,280	0,445	47,820	0,54	0,300
Atlas	Saturno	15,10	137670	0,602	0,445	1,353	0,46	0,400
Pan	Saturno	14,10	133580	0,575	0,445	1,292	0,42	0,500
Pandora	Saturno	40,70	141720	0,629	0,445	1,413	0,49	0,500
Iapetus	Saturno	735,60	3560840	79,330	0,445	178,270	1,08	0,600
Prometheus	Saturno	43,10	139380	0,613	0,445	1,378	0,48	0,600
Janus	Saturno	89,50	151460	0,695	0,445	1,562	0,63	0,710
Epimetheus	Saturno	58,10	151410	0,694	0,445	1,560	0,64	0,730
Rhea	Saturno	763,80	527070	4,518	0,445	10,153	1,23	0,949
Mimas	Saturno	198,20	185540	0,942	0,445	2,117	1,15	0,962

Dione	Saturno	561,40	377420	2,737	0,445	6,151	1,48	0,998
Telesto	Saturno	12,40	294710	1,888	0,445	4,243	0,50	1,000
Tethys	Saturno	533,10	294670	1,888	0,445	4,243	0,97	1,229
Calypso	Saturno	10,70	294710	1,888	0,445	4,243	0,50	1,340
Enceladus	Saturno	252,10	238040	1,370	0,445	3,079	1,61	1,375
Helene	Saturno	17,60	377420	2,737	0,445	6,151	0,50	1,670
Caliban	Urano	36,40	7231100	579,730	0,718	807,423	1,50	0,040
Ferdinand	Urano	10,00	20901000	2887,210	0,718	4021,184	1,50	0,040
Francisco	Urano	11,00	4276000	266,560	0,718	371,253	1,50	0,040
Margaret	Urano	10,00	14345000	1687,010	0,718	2349,596	1,50	0,040
Prospero	Urano	25,00	16256000	1978,290	0,718	2755,279	1,50	0,040
Setebos	Urano	24,00	17418000	2225,210	0,718	3099,178	1,50	0,040
Stephano	Urano	16,00	8004000	677,360	0,718	943,398	1,50	0,040
Sycorax	Urano	93,00	12179400	1288,380	0,718	1794,401	1,50	0,040
Trinculo	Urano	9,50	8504000	749,240	0,718	1043,510	1,50	0,040
Bianca	Urano	25,70	59200	0,435	0,718	0,606	1,30	0,065
Belinda	Urano	40,30	75300	0,624	0,718	0,869	1,30	0,067
Cressida	Urano	39,80	61800	0,464	0,718	0,646	1,30	0,069
Portia	Urano	67,60	66100	0,513	0,718	0,714	1,30	0,069
Cordelia	Urano	20,10	49800	0,335	0,718	0,467	1,30	0,070
Cupid	Urano	9,00	74392	0,613	0,718	0,854	1,30	0,070
Ophelia	Urano	21,40	53800	0,376	0,718	0,524	1,30	0,070
Perdita	Urano	15,00	76417	0,638	0,718	0,889	1,30	0,070
Rosalind	Urano	36,00	69900	0,558	0,718	0,777	1,30	0,072
Juliet	Urano	46,80	64400	0,493	0,718	0,687	1,30	0,075
Desdemona	Urano	32,00	62700	0,474	0,718	0,660	1,30	0,084
Mab	Urano	12,00	97736	0,923	0,718	1,286	1,30	0,103
Puck	Urano	81,00	86000	0,762	0,718	1,061	1,30	0,104
Umbriel	Urano	584,70	266000	4,144	0,718	5,772	1,46	0,210
Oberon	Urano	761,40	583500	13,460	0,718	18,747	1,56	0,230
Titania	Urano	788,90	436300	8,706	0,718	12,125	1,66	0,270
Miranda	Urano	235,80	129900	1,413	0,718	1,968	1,21	0,320
Ariel	Urano	578,90	190900	2,520	0,718	3,510	1,59	0,390
Halimede	Netuno	31,00	15728000	1879,710	0,670	2805,537	1,50	0,040
Laomedeia	Netuno	21,00	23571000	3167,850	0,670	4728,134	1,50	0,040
Neso	Netuno	30,00	48387000	9373,990	0,670	13991,030	1,50	0,040
Psamathe	Netuno	20,00	46695000	9115,910	0,670	13605,836	1,50	0,040
Sao	Netuno	22,00	22422000	2914,070	0,670	4349,358	1,50	0,040
Naiad	Netuno	33,00	48224	0,294	0,670	0,439	1,30	0,072
Galatea	Netuno	88,00	61953	0,429	0,670	0,640	1,30	0,079
Despina	Netuno	78,00	52526	0,335	0,670	0,500	1,30	0,090
Larissa	Netuno	97,00	73548	0,555	0,670	0,828	1,30	0,091
Thalassa	Netuno	41,00	50075	0,311	0,670	0,464	1,30	0,091

Proteus	Netuno	210,00	117647	1,122	0,670	1,675	1,30	0,096
Nereid	Netuno	170,00	5513820	360,140	0,670	537,522	1,50	0,155
Triton	Netuno	1353,40	354800	5,877	0,670	8,772	2,06	0,719
Hydra	Plutão	27,50	64698	38,200	6,400	5,969	0,80	0,350
Kerberos	Plutão	7,00	57729	32,170	6,400	5,027	1,40	0,350
Nix	Plutão	22,50	48671	24,850	6,400	3,883	2,10	0,350
Charon	Plutão	606,00	19591	6,387	6,400	0,998	1,66	0,372

Fobos começa merecendo atenção por orbitar mais perto do seu planeta do que qualquer outro satélite. **Isso é de fato verdade**, orbitando a apenas 9.380 quilômetros de Marte em seu semieixo maior, sendo a menor entrada em nossa lista. Entretanto, **é evidente que algum satélite precisa possuir o menor valor, já que essa é uma propriedade de qualquer conjunto ordenável**.

Em seguida, é afirmando que Fobos orbita Marte mais rápido do que o próprio planeta gira em torno de si mesmo, portanto, aparenta nascer e se por duas vezes ao dia quando visto da superfície de Marte. **Isso também é verdade**, e **pode ser observado na tabela por possuir período sideral normalizado menor do que 1**.

Entretanto, é importante lembrar que **menor período sideral é uma consequência de orbitar mais próximo do planeta** e, portanto, **esse fato não é nenhuma surpresa para Fobos** – na verdade, há uma relação linear entre período sideral e semieixo maior nos satélites do Sistema Solar.

Figura 18: período sideral em função do semieixo maior.

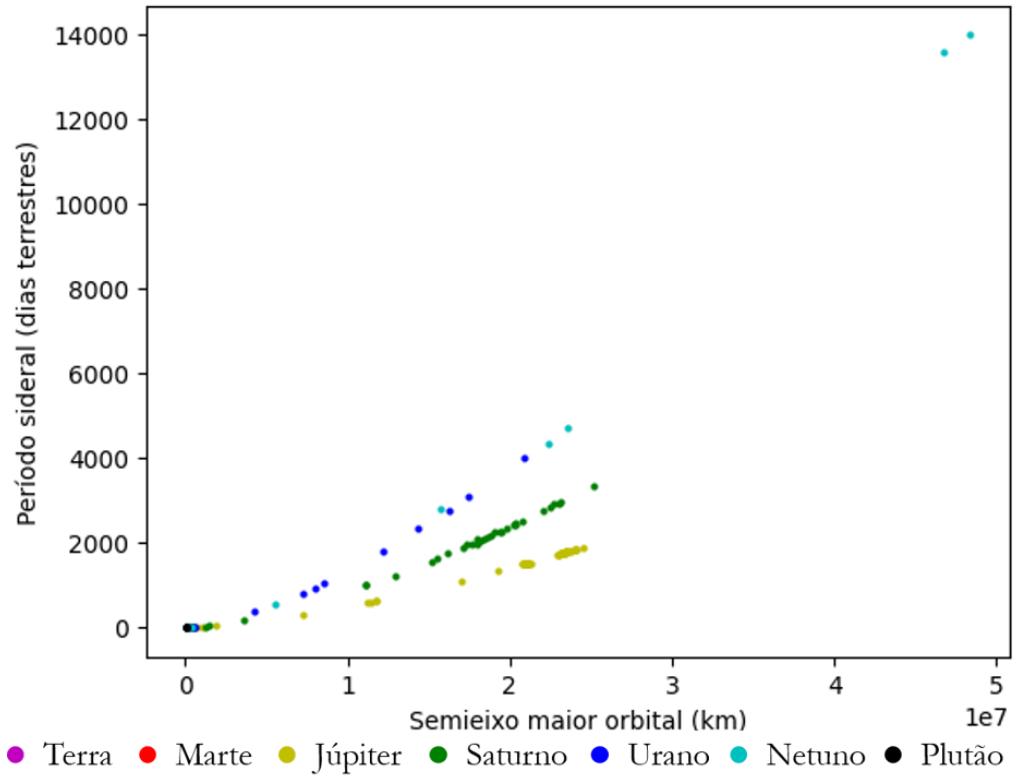
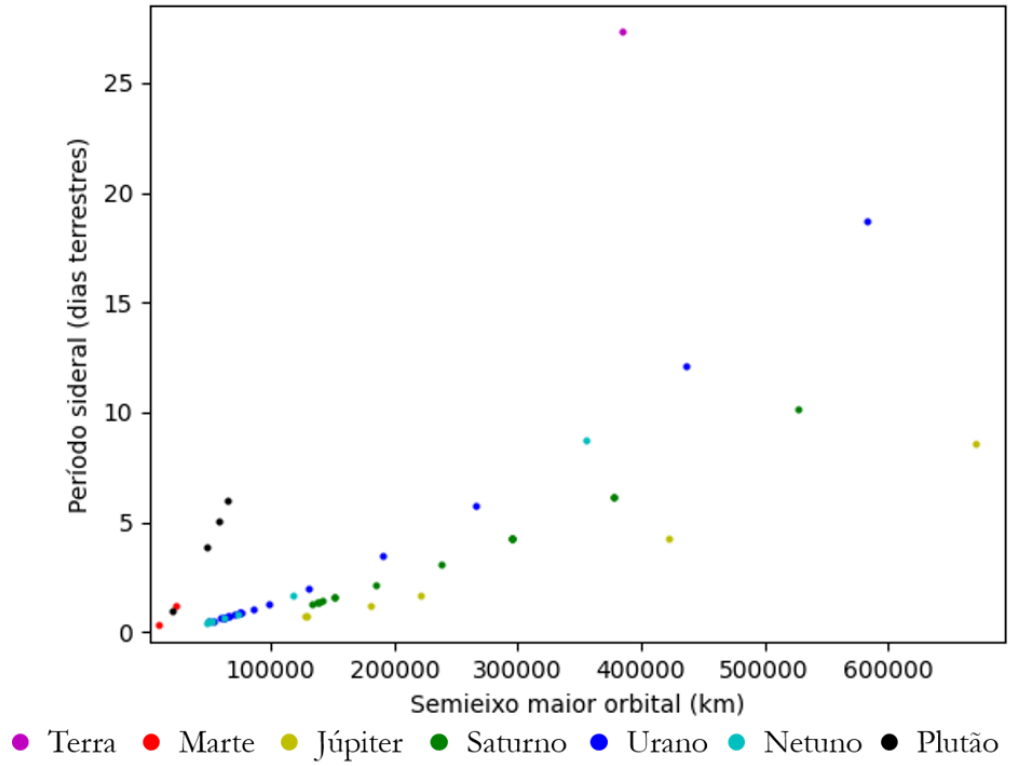


Figura 19: período sideral em função do semieixo maior com destaque na região próxima da origem.



A densidade de Fobos é de 1,87 grama por centímetro cúbico, **um valor parecido com o de outros satélites do Sistema Solar** (apenas ligeiramente abaixo da média, que é de 1,90 grama por centímetro cúbico**), além de possuir albedo de 0,07, um valor baixo, mas ainda assim comum no Sistema Solar.**

Figura 20: número de luas com cada densidade no sistema solar.

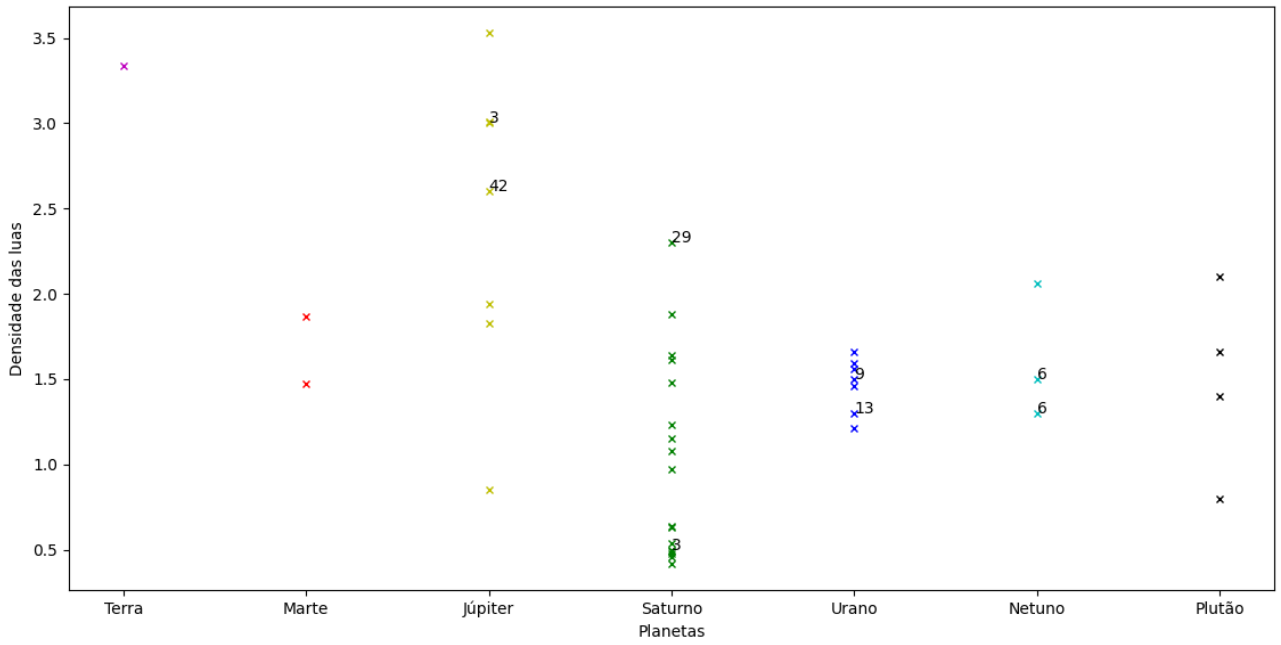
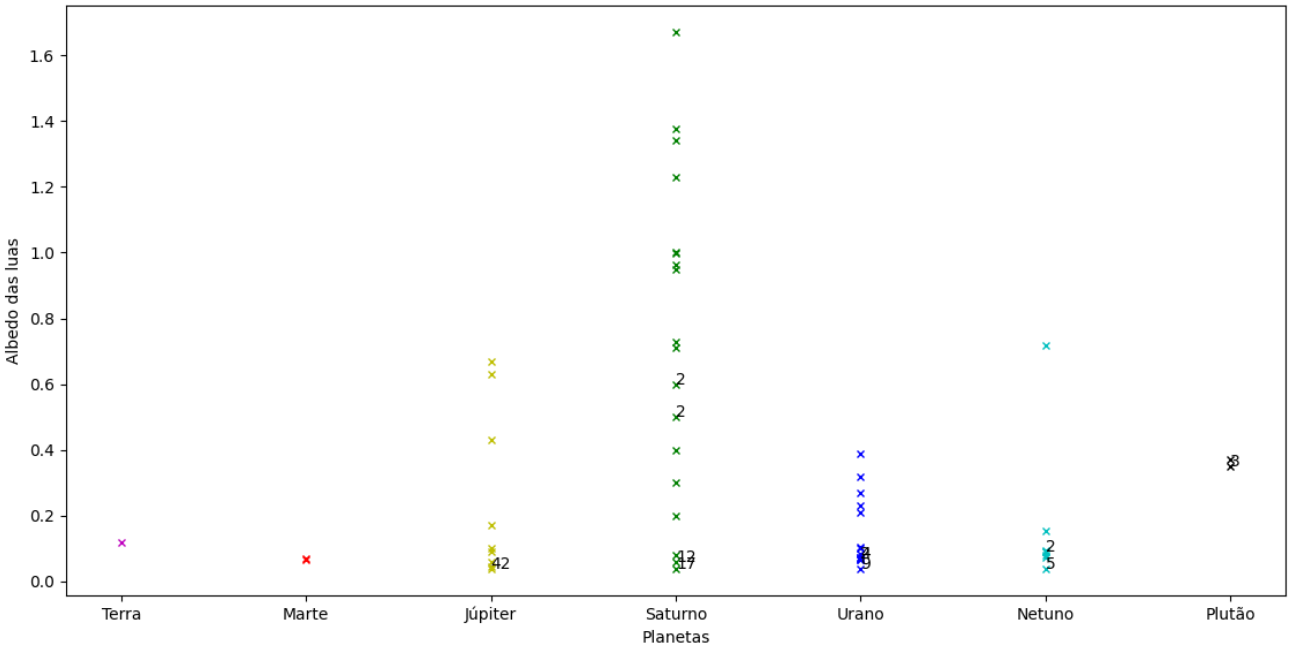


Figura 21: número de luas com cada albedo no sistema solar.



A hipótese de Joseph Shklovskii, por sua vez, baseava-se no a aceleração secular de Fobos só poderia ser explicada se o satélite fosse muito leve, mais especificamente uma esfera de ferro com 16 quilômetros de diâmetro, mas com menos de 6 centímetros de espessura.

Porém, esse argumento é baseado em dados de observações separadas por décadas, e observações posteriores (https://adsabs.harvard.edu/full/1964IrAJ....6..281 e https://www.lpi.usra.edu/meetings/phobosdeimos2007/pdf/7020.pdf) verificaram que os dados originais exageravam no valor de aceleração secular e que, **quando os valores corretos eram utilizados, a aceleração secular poderia ser explicada pela ação da gravidade no satélite**.

Além disso, esse argumento demanda que a densidade de Fobos seja de apenas $8{,}85 \times 10^{-5}$ grama por centímetro cúbico (considerando uma casca esférica com 16 quilômetros de diâmetro e 6 centímetros de espessura feita de ferro, cuja densidade é de 7,87 gramas por centímetro cúbico), **algo que já foi contradito pelas medidas de densidade realizadas posteriormente**.

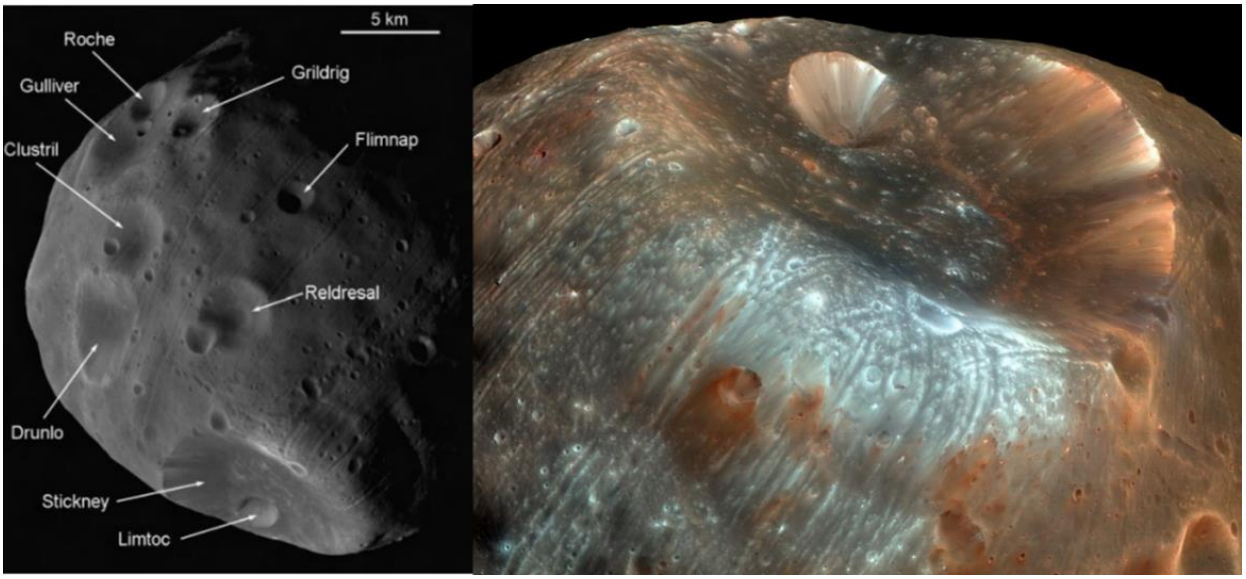
Diversas observações recentes **mostraram que Fobos tem aparência natural**, que é não um monólito (um único pedaço de rocha), mas sim uma aglutinação de materiais graças à força da gravidade, **sendo um satélite poroso, com vazios ocupando entre 25% e 35% de seu volume**.

Por essa razão, considera-se que a hipótese de formação mais provável para Fobos (https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1029/2009GL041829) seja **a colisão entre um satélite formado a partir do disco de detritos ao redor de Marte e outro corpo, oriundo do Cinturão de Asteroides**.

Outras hipóteses envolvem a captura de um corpo do Cinturão de Asteroides (falha em explicar a órbita de Fobos), a destruição de um corpo maior orbitando Marte quebrado por forças gravitacionais (falha em explicar a sua porosidade) e a aglutinação de detritos levantados de Marte após impactos (falha em explicar porque as propriedades espectrais de Fobos e Marte não condizem).

Fobos tem uma grande cratera, Stickney, com cerca de 8 quilômetros de diâmetro que parece grande porque Fobos, afinal, tem apenas cerca de 22,5 quilômetros de diâmetro. Há ao todo 30 crateras com mais de 2 quilômetros de diâmetro, 70 crateras com mais de 1 quilômetro e 1300 crateras com mais de 200 metros.

Figura 22: crateras em Fobos ao lado de detalhe da cratera Stickney.



Um estudo de 2013 (http://www.geokhi.ru/Lists/List1/Attachments/6215/2014_Bas_ea_Phobos_geology_PSS.pdf) discorreu sobre as características geológicas de Fobos. As crateras em sua maioria provavelmente são provenientes de impactos, mas algumas podem ser resultantes de ejeções secundárias de Fobos ou Marte que eventualmente vieram a colidir com o satélite. Além disso, Fobos provavelmente já atingiu um estado de equilíbrio, em que novas colisões originam novas crateras, mas destroem antiga, não aumentando o número total de crateras.

Grandes pedaços de rocha sólida são observados em Fobos – assim como na Lua e em outros asteroides – e são provenientes de impactos. Esses pedaços possuem desde alguns metros de diâmetro até o maior deles com 90 metros de largura e 85 metros de altura, localizado nas proximidades da cratera Stickney. Esse é o chamado Monólito de Fobos, que recebe esse nome por se tratar de um único pedaço de rocha. Tais fragmentos (em uma pequena região estudada) estão distribuídos de forma semelhante à distribuição observada na Lua.

Figura 23: distribuição de fragmentos na Lua e em Fobos.

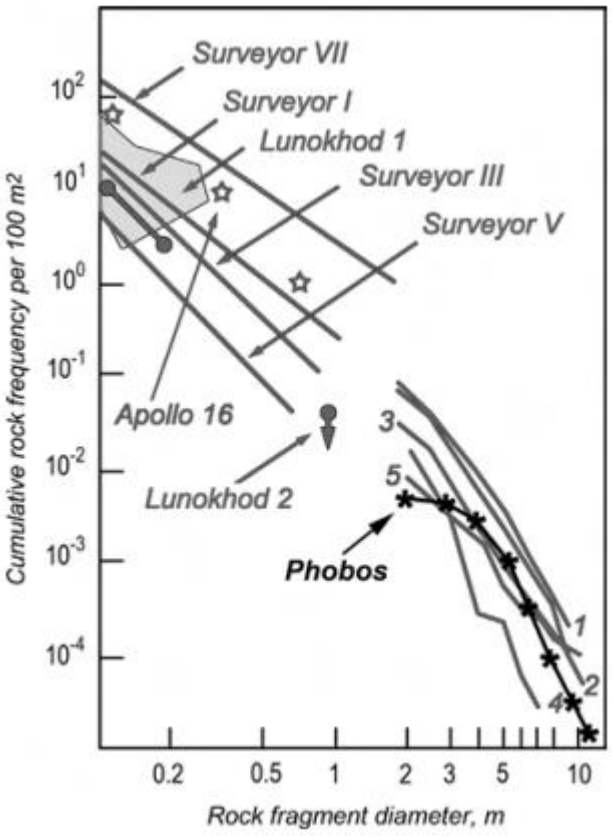
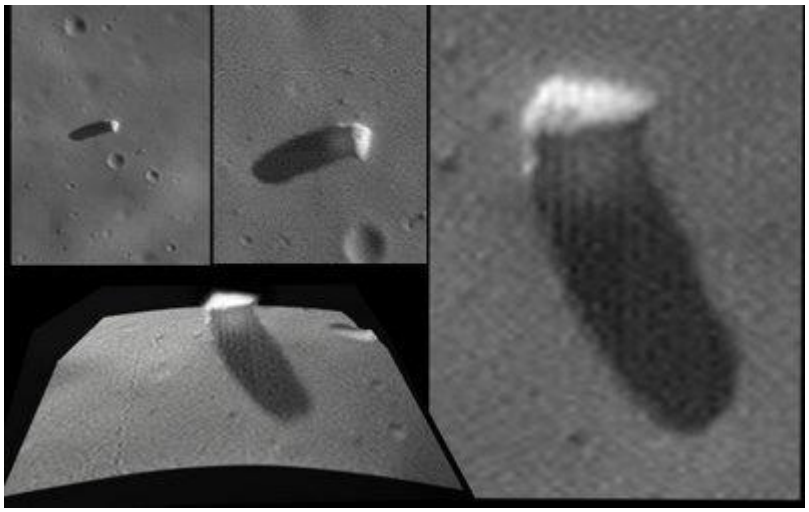


Figura 24: monólito em Marte.



Monólitos ocorrem naturalmente na Terra, o que significa que a simplesmente presença de um monólito em outro corpo do Sistema Solar **não é condição suficiente para que este**

seja interpretado como qualquer outra coisa diferente de uma rocha, especialmente quando sua frequência segue a distribuição esperada para a formação natural.

Figura 25: alguns monólitos na Terra.

Fobos possui cadeias de crateras e vales, algo que supostamente poderia ser explicado por poços vulcânicos, explicação que seria falha porque Fobos é pequeno demais para produzir "atividade vulcânica convencional", **e isso é verdade**. Porém, **existem vários outros modelos que procuram explicar a presença dessas formações, tais como ejeções de impactos em Fobos ou interações gravitacionais com Marte**.

8 CONCLUSÕES

Assim, podemos concluir que

1. A espaçonave fez e enviou para a Terra diversos registros entre 11 de fevereiro e 26 de março de 1989 usando tanto a *VSK* quanto a *TS*, mostrando, respectivamente, fotografias térmicas e em luz visível.

    a. Registros de todo o período feitos com a *VSK* (os últimos no dia 25 de março) mostram o objeto em forma de charuto no mesmo lugar em tamanhos diferentes independente do objeto fotografado, indicando que este é apenas um artefato da própria câmera e não um objeto físico.

    b. Três registros do dia 26 de março de 1989 feitos com a *TS* mostram uma sombra em forma de charuto na superfície de Marte. Essa sombra é a sombra de Fobos, conforme várias outras imagens de outras missões já indicam, que foi especialmente alongada porque a imagem foi obtida linha por linha ao longo de um período, e não em uma única cena.

2. Novas seção de fotografias ocorreu no dia 27 de março de 1989, e essas fotografias não chegaram a ser enviadas para a Terra.

    a. As manobras ocorriam no escuro, e por isso a espaçonave perdia temporariamente o contato com a Terra. Entretanto, a Fobos 2 não voltou após a essa manobra, e um sinal curto e fraco recuperado indicava que ela estava fora de controle.

    b. A causa provavelmente foi um mau funcionamento do segundo processador, deixando o terceiro processador sozinho e incapaz de assumir o controle, pois uma falha de projeto permitia apenas que a maioria dos processadores controlassem a espaçonave.

3. Essa sequência de eventos hoje é pública e verificável, mas a imprensa ocidental na década de 90 dependia das informações trazidas por correspondentes internacionais e pelas publicações do governo soviético, que não era tão transparente.

    a. Por isso, a narrativa da época foi que a missão havia encerrado misteriosamente depois que fotografias de objetos não identificados haviam sido tiradas. Cada um que analisava o assunto acrescentava suas próprias observações sobre a não-familiaridade com as fotografias publicadas, e tornava o tema ainda mais misterioso.

    b. Hoje, sabemos que a espaçonave já vinha apresentando falhas em seus processadores e no sistema de transmissão, e que o controle na Terra considerava que uma falha seria apenas uma questão de tempo.

    c. Hoje, também sabemos que os artefatos são explicáveis por eventos mundanos e não têm relação com o encerramento da missão.

    d. Por fim, sabemos também que as fotografias secretas vazadas da missão são públicas e podem ser acessadas (junto com muitas outras) por qualquer um que emule os programas da época.

4. Fobos pode ser um satélite curioso, mas as informações que coletamos desde a década de 90 favorecem uma origem natural, e não a possibilidade de Fobos ser um satélite artificial.